



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 24 981 B4** 2004.08.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 24 981.4**
(22) Anmeldetag: **05.06.2002**
(43) Offenlegungstag: **08.01.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.08.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B22C 7/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Generis GmbH, 86167 Augsburg, DE

(74) Vertreter:
Wagner, S., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80538 München

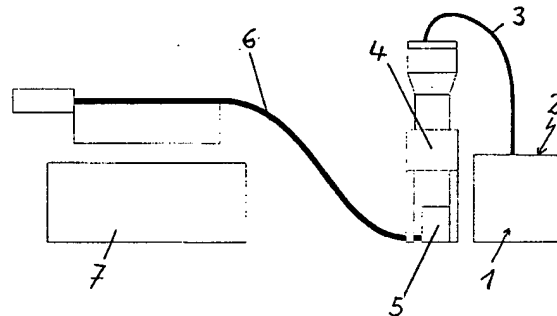
(72) Erfinder:
**Ederer, Ingo, 86926 Pflaumdorf, DE; Höchsmann,
Rainer, 86682 Genderkingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 197 23 892 C1
DE 198 53 834 A1
US 52 04 055 A
EP 07 11 213 B1
EP 04 31 924 B1
WO 02 26 419 A1
WO 01 72 502 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Modellen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Modellen, wobei auf eine Bauplattform ein erstes Material und daran anschließend selektiv ein zweites Material jeweils schichtweise aufgetragen wird und diese beiden Auftragungsschritte wiederholt werden, bis ein gewünschtes Modell erhalten wird, die beiden Materialien bei einem geeigneten Mischungsverhältnis einen Festkörper bilden und das erste Material ein Materialgemisch darstellt, dadurch gekennzeichnet, dass das Materialgemisch "In-Prozess" und zumindest teilweise vor dem jeweiligen Auftragungsschritt zubereitet wird.



BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Modellen oder/und Formen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt bei der werkzeuglosen Herstellung von Gießformen oder Gussmodellen das Rapid-Prototyping-Verfahren zu verwenden.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 198 53 834 A1 ist beispielsweise ein Rapid-Prototyping-Verfahren insbesondere zum Aufbauen von Gussmodellen bekannt. Bei diesem Verfahren wird unbehandeltes Partikelmateriale, wie Quarzsand, auf eine Bauplattform in einer dünnen Schicht aufgetragen. Danach wird mit Hilfe einer Spray-Vorrichtung ein Bindemittel auf das gesamte Partikelmateriale in möglichst feiner Verteilung aufgesprüht. Anschließend wird darüber auf ausgewählte Bereiche Härter dosiert, wodurch erwünschte Bereiche des Partikelmateriale verfestigt werden. Nach mehrmaliger Wiederholung dieses Vorgangs kann ein individuell geformter Körper aus dem gebundenen Partikelmateriale bereitgestellt werden. Dieser Körper ist zunächst in dem umliegenden, ungebundenen Partikelmateriale eingebettet und kann nach Abschluss des Bauvorganges aus dem Partikelbett entnommen werden.

[0004] Wird beispielsweise bei einem derartigen Rapid-Prototyping-Verfahren als Partikelmateriale ein Quarzsand verwendet und als Bindemittel ein Furanharz, kann mit Hilfe einer schwefeligen Säure als Härter eine Gussform hergestellt werden, die aus üblicherweise bei der Formherstellung verwendeten und daher dem Fachmann bekannten Materialien besteht.

[0005] Bei derartigen Rapid-Prototyping-Verfahren muss, wie beschrieben wurde, zuerst das Partikelmateriale, dann das Bindemittel und daran anschließend der Härter aufgetragen werden. Dies erfordert für jede Schicht ein dreimaliges Auftragen von Materialien und ist damit sehr zeitintensiv.

[0006] Es wurde schon seit längerer Zeit versucht, zumindest einen Beschichtungsschritt zum Verkürzen der Herstellungszeit des Modelles zu eliminieren.

[0007] So wird beispielsweise in der EP 0 711 213 B1 ein weiteres Rapid-Prototyping-Verfahren beschrieben, nämlich das selektive Lasersintern. Hierbei wird als Partikelmateriale Croningsand, das heißt wamumhüllter Gießereisand mit Resol- oder Novolack-Harz, verwendet. Das bedeutet, es muss nur das mit Harz versehene Partikelmateriale aufgetragen werden und die Auftragung des Bindemittels entfällt. Es können dabei ebenso gießereibliche Materialien verwendet werden und damit aus üblichen, dem Fachmann geläufigen Materialien bestehende Gussmodelle hergestellt werden.

[0008] Allerdings weist dieses Herstellungsverfahren auch erhebliche Nachteile auf. So wird das Harz im Sand während des Belichtungs-Prozesses nicht vollständig gehärtet. Dies führt zu einer geringeren sogenannten Grünteilfestigkeit der hergestellten Formen. Erst nach dem Entfernen des losen Sandes und einem anschließenden Ofenprozess wird die gewünschte Festigkeit erzielt. Neben dem zusätzlichen Verfahrensschritt im Ofen besteht beim Entsanden und Handling der „Grünlinge“ eine hohe Bruchgefahr. Während des Ofenprozesses kann zudem ein unerwünschter Verzug der Bauteile auftreten.

[0009] Daneben weisen Croningsande eine relativ hohe thermische Stabilität auf, die bei den relativ geringen Gießtemperaturen beim Leichtmetallguss zu einer schlechten Entkernbarkeit führt.

[0010] Für das selektive Lasersintern sind zudem Croningsande mit erhöhtem Binderanteil erforderlich. Die Folge davor sind größere Gasmengen während der Pyrolyse des Binders und damit eine erhöhte Ausschuss-Gefahr wegen Lunkern im Bauteil.

[0011] Darüber hinaus weist das selektive Lasersintern im Allgemeinen den Nachteil auf, dass der Laser einen hohen Aufwand erfordert und daneben der Belichtungsschritt auch relativ zeitintensiv ist.

[0012] Auch stehen für das selektive Lasersintern eine nur sehr eingeschränkte Auswahl an Sandsorten und Körnungen zur Verfügung so dass dieses Verfahren auch wenig flexibel ist.

[0013] Aus der US 5,204,055 beziehungsweise der EP 0 431 924 B1 ist ein sogenanntes 3D-Drucken bekannt. Hierbei wird Partikelmateriale durch den Eintrag von Bindermateriale selektiv verklebt. Dieses Verfahren weist den Vorteil auf, dass es gegenüber dem selektiven Lasersintern auf einer kostengünstigen Drucktechnologie basiert.

[0014] Allerdings können typische gießereibliche Binder wegen der ungünstigen Stoffeigenschaften nur unter hohem technischen Aufwand dosiert werden. Es besteht zudem die Gefahr, dass die Düsen zum Dosieren des Bindemittels verkleben und ausfallen.

[0015] Durch einen Tropfeneintrag des Bindemittels ist die Durchmischung des Binders im Bauteil sehr schlecht. Um zu vergleichbaren Festigkeiten wie bei konventionell angemischten Sanden zu kommen, müssen wesentlich höhere Bindermengen eindosiert werden, was wiederum zu Problemen beim Abguss aufgrund der erhöhten Gasmengen führt.

[0016] In der WO 02/26419 A1 wird ein weiteres 3D-Druckverfahren offenbart. Es handelt sich dabei um selektives Bedrucken von mit Binder vermischten Partikeln mit einem Aktivator, an das sich eine Gashärtung anschließt.

[0017] Vorteilhaft hierbei ist wiederum, dass gießereibliche Materialien verwendet werden können.

[0018] Allerdings ist die Gashärtung bei diesem Verfahren aufwändig. Zum Teil sind gesundheitsgefährdende Stoffe wie SO₂ notwendig, so dass der apparative Aufwand sehr hoch und das sichere Bedienen

der Vorrichtungen kostenintensiv wird.

[0019] Da vor dem Härtungsschritt nicht einmal ansatzweise eine Verfestigung des Bauteils stattfindet, kann es durch leichte Verschiebungen des Pulverbetts beim Beschichten zur Zerstörung des gesamten Bauteils kommen.

[0020] Ein weiteres 3D-Druckverfahren ist aus der DE 197 23 892 C1 bekannt. Hierbei handelt es sich um ein selektives Bedrucken von mit Binder umhüllten Partikeln, sogenannten Croningsand, mit Modermitteln. Daran schließt sich wieder eine Härtung an, die gemäß der Offenbarung dieser Druckschrift über Strahlung erfolgt. Auch bei diesem Verfahren können vorteilhafter Weise gießereübliche Materialien verwendet werden. Jedoch ist auch bei diesem Verfahren das Härten der Bauteile sehr kompliziert, denn der notwendige eng tolerierte Temperaturwechsel erfordert einen hohen apparativen Aufwand.

[0021] Bei dem in der DE 198 53 834 A1 offenbarten Verfahren, wiederum einem 3D-Druckverfahren, findet ein selektives Bedrucken von mit Binder besprühten Partikeln mit Härter statt. Auch hier können wieder flexibel gießereübliche Materialien verwendet werden.

[0022] Die Nachteile dieses Verfahrens sind der komplizierte Sprühauftrag des Binders, die inhomogene Binderdurchmischung und die hohen Binderkonzentrationen im Bauteil.

[0023] Daneben ist aufgrund von Nebelbildung im Bauraum durch den Sprühvorgang ein hoher Verschmutzungsgrad der Anlage die Folge. Eine Folge davon ist, dass eine aufwändige Reinigung am Druckkopf erforderlich ist, da sonst ein Aushärten des Materials an den Düsen erfolgt und zu deren Zerstörung führt.

[0024] Ähnliche Nachteile weist das in der WO 01/72502 A1 beschriebene selektive Bedrucken von unbehandeltem Sand mit Binder und Härter auf.

[0025] Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren bereitzustellen, mit dem es möglich ist, den schichtweisen Aufbau von Modellen in möglichst zeitsparender und kostengünstiger Art und Weise durchzuführen. Daneben soll das Verfahren für den industriellen Einsatz aufgrund seiner Zuverlässigkeit und Bedienungsfreundlichkeit einsetzbar sein. Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Modellen, wobei auf eine Bauplattform ein erstes Material und daran anschließend selektiv ein zweites Material jeweils schichtweise aufgetragen wird und diese beiden Auftragsschritte immer wiederholt werden, bis ein gewünschtes Modell erhalten wird. Dazu bilden die beiden Materialien bei einem geeigneten Mischungsverhältnis einen Festkörper. Das erste Material stellt hierbei ein Materialgemisch dar und wird das Materialgemisch „In-Prozeß“ und zumindest teilweise vor dem jeweiligen Auftragungsschritt zubereitet.

[0026] Dieses Verfahren hat sich als vorteilhaft erwiesen, da mit ihm die Bearbeitungszeiten des Ma-

terialgemisches kurz gehalten werden können und so die leicht flüchtigen Inhaltsstoffe im Bindermaterial enthalten bleiben. Die Aufbereitung kann dabei bedarfsgemäß während des Auftragungsprozesses erfolgen.

[0027] Es wäre aber ebenso möglich, die gesamte für das Verfahren notwendige Menge an Material vorher anzumischen, jedoch müsste man dann geeignete, sehr aufwändige Maßnahmen ergreifen, um das Abdampfen flüchtiger Komponenten im Binder zu verhindern. Dieser hohe apparative Aufwand soll hierbei jedoch gerade vermieden werden.

[0028] Ein weiterer Vorteil dieser sogenannten „In-Prozess-Anmischung“ besteht auch in der größeren Flexibilität. Es wird zum einen nur soviel Sand angemischt, wie tatsächlich gebraucht wird. Das bedeutet, dass falls der Prozess vorzeitig beendet wird, kein unnötiger Abfall entsteht. Sollte sich der Bauprozess durch Zuladen von Bauteilen verlängern, entsteht nicht die Gefahr des Materialmangels aufgrund der anfänglich festgelegten Materialmenge. Zudem kann sogar während des Prozesses der Sand und die Rezeptur geändert werden. Der Nutzer muss sich damit nicht wie beim selektiven Lasersinter-Verfahren schon zu Beginn des Prozesses für eine Materialsorte für den gesamten Bauprozess entscheiden.

[0029] Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens im Vergleich zum selektiven Lasersintern ist die Verwendung von kostengünstigen Ausgangsstoffen im Gegensatz zu teuren Spezialsanden.

[0030] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Materialgemisch kontinuierlich zubereitet. Das bedeutet, dass das Gemisch immer in etwa gleich „alt“ ist und damit die gleichen Eigenschaften bezüglich eventuell verdampfter Komponenten usw. aufweist.

[0031] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Materialgemisch chargenweise zubereitet. Eine kontinuierliche Anmischung, wie sie bei konventionellen Formverfahren üblich ist, wäre zwar ebenfalls möglich, aufgrund der relativ geringen Verarbeitungsgeschwindigkeit während des Schichtaufbaus aber technisch aufwändig.

[0032] Vorzugsweise weist das Materialgemisch ein Partikelmaterial und ein reaktives Material auf.

[0033] Weist dann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren das zweite Material gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einen Aktivator auf, dann kann ein Verbinden der Komponenten bei Raumtemperatur durch eine chemische Reaktion erfolgen.

[0034] Hierfür wäre es möglich dass das Aushärten des Materialverbundes aufgrund einer chemischen Reaktion der Materialien erfolgt. Ebenso wäre aber auch eine Aushärtung durch eine physikalische Reaktion zwischen den Materialien denkbar.

[0035] Vorzugsweise erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der erneute Schichtauftrag und das Auftragen des zweiten Materials innerhalb der Zeit,

die zur Verfestigung der beiden Materialien benötigt wird. Dadurch kann eine Verfestigung innerhalb der Teilfläche und zur darunter liegenden Schicht und damit ein besserer Schichtenverbund erzielt werden.

[0036] Besonders gute Ergebnisse konnten erreicht werden, wenn beim Zubereiten des Materialgemisches eine Restporosität bestehen bleibt, da damit eine erhöhte Gasdurchlässigkeit einhergeht, die sich beim Guss vorteilhaft auswirkt. Zudem erreicht das zweite Material dann auch tiefer liegende Partikel, was zu einer bessern Durchhärtung führt.

[0037] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das zweite Material mittels Tröpfchenerzeugungstechnik aufgetragen. Diese Technik hat sich als sehr exakt, zuverlässig und einfach erwiesen.

[0038] Ein Auftragen des zweiten Materials mittels Dispenstechnik wäre jedoch ebenfalls denkbar.

[0039] Besonders gute Ergebnisse konnten erzielt werden, wenn das zweite Material eine nicht an der Härtereaktion beteiligte Trägerflüssigkeit aufweist, da mit einer solchen die Benetzung des Materialgemisches aus Partikelmaterial und der ersten reaktiven Komponente unabhängig von dem zur Reaktion notwendigen chemischen Mengenverhältnis eingestellt werden kann.

[0040] Weiterhin besteht der Wunsch, unterschiedliche Schichtstärken verarbeiten zu können. Das bedeutet auch, dass der Härtereintrag pro Schicht eingestellt werden muss und das am besten unabhängig von der gewählten Auflösung des Härterauftrages.

[0041] Aus diesem Grund wird dem Härter eine nicht reaktive Trägerflüssigkeit beigemischt, mit deren Hilfe das gewünschte Mengenverhältnis eingestellt werden kann.

[0042] Vorzugsweise wird als Trägerflüssigkeit Ethanol verwendet. Es könnte aber auch andere Alkohole verwendet werden, selbst Wasser wäre einsetzbar. Ethanol ist deshalb vorteilhaft, weil es leicht flüchtig ist. Vor dem Abguss sollte aber möglichst die komplette Trägerflüssigkeit verflüchtigt sein, da sie einen Abguss negativ beeinflussen kann. Im Prozess selbst dampft bereits ein großer Teil des Ethanols von Schicht zu Schicht ab. Der Restgehalt kann in einem kurzen Ofenprozess (1 h bei mehr als 80°C) verdampft werden.

[0043] Ethanol hat zudem noch zwei weitere positive Effekte. Die Viskosität des zu dosierenden Mediums ist bei den dod (drop-on-demand)-Schreibköpfen ein beschränkender Faktor. Mit Ethanol kann die Viskosität des Härters herabgesetzt werden, so dass sich die Funktion der Druckköpfe verbessert.

[0044] Ohne einen Verdünner wäre eine dem chemischen Mengenverhältnis angepasste einzudosierende Härtermenge so gering, dass man von einer lokal stark begrenzten Härtung ausgehen muss. Zudem würde an dieser Stelle ein zu hoher Härtereintrag erfolgen, der die chemische Reaktion nachteilig beeinflussen würde und damit negative Auswirkungen auf die Festigkeit der Bauteile hätte.

[0045] Die Menge der Trägerflüssigkeit kann rechnerisch bestimmt werden:

Ist der gewünschte Massenanteil des Härters im Partikelmaterial x_h ,

das Partikelmaterialgewicht pro Schicht $m_{s,i}$,

dann berechnet sich die erforderliche Härtermenge m_h zu: $m_h = m_{s,i} \cdot x_h$

Ist zusätzlich die gewünschte Druckauflösung r_p in dpi,

das Volumen der Flüssigkeitstropfen $v_{t,d}$,

die Baufeldfläche A_b ,

die Dichte des Härters ρ_h ,

dann berechnet sich der Volumenanteil der Trägerflüssigkeit x_t

$$x_t = \frac{m_h}{\left(\frac{r_p}{0,0254}\right)^2 \cdot v_{t,d} \cdot A_b \cdot \rho_h}$$

[0046] Wird als Partikelmaterial ein Formsand wie beispielsweise Quarzsand, Silikatsand, Chromitsand, Zirkonsand, Olivinsand, Schamottsand, Korundsand oder/und Carbonsand verwendet, können gute Ergebnisse bei den Modellen erreicht werden. Neuere Materialien wie synthetische Sande, beispielsweise Cerabeads, können Vorteile bei Spezialanwendungen aufweisen und sind ebenso verwendbar. Diese Partikelmaterialien können einzeln oder als Mischung eingesetzt werden.

[0047] Ebenso wäre es gemäß der Erfindung denkbar, dass das Partikelmaterial ein Polystyrolpulver, ein Polyamidpulver oder andere Polymer-Partikelmaterialien bzw. eine Mischung dieser Pulver aufweist.

[0048] Für das erste reaktive Material eignet sich besonders ein Furanharz oder/und ein Phenolharz.

[0049] Die erfindungsgemäß hergestellten Bauteile können vorzugsweise als Formen für den Metallguss oder zum Herstellen von Ausschmelzmodellen für den Metallguss verwendet werden.

[0050] Erfindungsgemäß wird das Partikelmaterial, vorzugsweise Quarzsand, mit einem geringen Anteil Kunstharz (Binder) und im Fall der Furan- und Phenolharze mit einem Härter im vorbestimmten Verhältnis entweder chargenweise oder kontinuierlich gemischt und anschließend zur einer Form verarbeitet. Typische Mischungsverhältnisse liegen zwischen 0,6 und 1,8 Gew.-% Kunstharzanteil im Quarzsand.

[0051] Konventionell erfolgt die Herstellung der Form üblicherweise in einem Schussautomaten durch Abformung von einem Werkzeug, teilweise erfolgt die Herstellung der Form auch von Hand. Die Härtung, das bedeutet das Verkleben der Sandpartikel zu einer festen Form erfolgt dann chemisch oder physikalisch durch Aushärten des Binders. Der Aushärteprozess kann durch Wärme unterstützt werden.

[0052] Ist die Form dann fertig gestellt, wird sie zum Guss vorbereitet. In der Regel werden mehrere Formteile wie Ober-, Unterkasten und Kerne montiert. Bei Bedarf werden die Formteile noch mit Schlichte versehen. Anschließend wird das flüssige

Metall in den dafür vorgesehenen Einguss gegossen. Die hohe Temperatur der Schmelze führt zum Cracken des Kunstharzanteils im Sand, speziell in den Randzonen zur Schmelze hin. Das dabei entstehende Gas wird über die Porosität des Sandes nach außen abgeführt.

[0053] Damit unerwünschte Gaseinschlüsse vermieden werden, sollte die Binderkonzentration in der Form so gering wie möglich sein. Jedoch muss der Binderanteil ausreichen, um die mechanische Stabilität der Form auch unter dem Druck der Metallschmelze zu gewährleisten. Zudem sollen die Partikel solange gebunden werden, bis das Metall zumindest im Randbereich abgekühlt ist und eine sogenannte Gushaut bildet.

[0054] Nach der Erstarrung des Metalls soll der Sand Idealerweise möglichst ohne Einwirkung weiterer zugeführter Wärme oder mechanischer Hilfsmittel aus der Form rieseln.

[0055] Die Zielsetzung ist deshalb für den erfindungsgemäßen schichtweisen Herstellprozess ein möglichst kleiner aber ausreichender Bindergehalt im Partikelmaterial.

[0056] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiel

[0057] Zur näheren Erläuterung wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele nachfolgend und unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

[0058] In der Zeichnung zeigt dabei die einzige Figur das Vormischen und Zuführen des vorgemischten Materials.

[0059] Beispielhaft soll im folgenden das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung für den Einsatz beim schichtweisen Aufbau von Gussmodellen aus Partikelmaterial, hier Gießereisand, Bindemittel und Härter bei einem Rapid-Prototyping-Verfahren erläutert werden.

[0060] Der mit Binder während der Auftragungsschritte angemischte Gießereisand wird auf eine Plattform in dünner Schicht (ca. 0,15 – 0,3 mm Schichtdicke) aufgetragen. Anschließend wird mittels eines Druckkopfs der Härter selektiv auf vorbestimmte Bereiche des Sandes aufgedruckt. Dies muss nicht notwendigerweise derart erfolgen, sondern könnte auch über eine andere Dosierung, wie zum Beispiel mit einem Siebdruckverfahren oder Ähnlichem durchgeführt werden.

[0061] Überall dort, wo der Härter in den Sand eindringt, startet eine chemische Reaktion und die Partikel verkleben miteinander lokal begrenzt, nämlich nur genau dort, wo Härter aufgebracht wurde. In den restlichen Bereichen findet keine Reaktion statt, mit Binder angemischter Quarzsand bleibt damit ungebunden. Im nächsten Schritt wird die Bauplattform um den entsprechenden Wert der Schichtstärke ab-

gesenkt und der Prozess bestehend aus Auftragen des vorgemischten Sandes und Bedrucken mit Härter an ausgewählten Bereichen erfolgt von Neuem. Diese Prozess-Schleife wird solange wiederholt, bis die gewünschte Bauhöhe erreicht ist und das Bauteil fertig gestellt wurde. Dieses liegt nun eingebettet im ungehärteten Sand vor und muss lediglich vom umliegenden Sand befreit werden.

[0062] Als Binder wird gemäß des Beispiels ein gießereibliches Kunstharz aus der Familie der Furanharze verwendet. Andere Harze wie zum Beispiel Phenolharze oder auch PU-Harze könnten ebenfalls eingesetzt werden.

[0063] Das Anmischen des mit Bindemittel versehenen Partikelmaterials erfolgt chargenweise während des Bauprozesses. Wobei darauf geachtet werden soll, dass die Charge aufgrund der leicht flüchtigen aber reaktionstreibenden Komponenten im Harz möglichst zeitnah verarbeitet wird. Ein großer Teil des Kunstharzes besteht aus Furfurylalkohol, der bereits bei Raumtemperatur einen sehr hohen Dampfdruck aufweist. Um eine ungewollte Reduktion dieser Komponenten im Harz zu vermeiden, wird eben auf eine zeitnahe Verarbeitung geachtet.

[0064] Die Bindermenge kann variiert werden und liegt vorzugsweise im Bereich von 0,6 – 1,5 Gew.-% des unbehandelten Partikelmaterials.

[0065] Als Härter wird gemäß dem beschriebenen Beispiels eine schwefelige Säure verwendet. Für eine ideale chemische Reaktion mit dem Bindemittel sollte der Anteil der schwefeligen Säure entsprechend den Vorgaben des Bindemittelherstellers im Bereich von 30 % bis 50 Gew. % des Bindemittelanteils betragen. Bei den genannten Bindemittelgewichtsanteilen müssten somit ca. 0,18 – 0,75 Gew. % des Sandes dosiert werden.

[0066] Die prozentualen Anteile des Härters in der Mischung haben bei dem erfindungsgemäßen Verfahren einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss. Wird zu wenig Härter auf die mit dem Bindemittel vorgemischte Sandschicht eingebracht, verzögert sich die Reaktion oder startet bei Unterschreiten einer Mindestmenge gar nicht.

[0067] Wird dagegen zuviel Härter eingebracht kann das Bauteil überhärten. Auch dann nimmt die Festigkeit des hergestellten Bauteils rapide ab.

[0068] Wichtig ist zudem, dass der Härter an möglichst viele Kontaktflächen der Partikel gelangt und dort die chemische Reaktion mit dem Bindemittel startet. Zudem ist entscheidend, dass sich der Härter gut im Partikelmaterial verteilt. Eine lokale Härterüberdosierung kann nicht über die Fläche kompensiert werden und führt zur Verringerung der Festigkeit.

[0069] Insofern ist es wichtig, dass der gesamte gewünschte Bereich von dem Härter in ausreichendem Maße und möglichst gleichmäßig bedruckt wird.

[0070] Die Härtermenge muss deshalb an das Schichtvolumen und die Binderkonzentration angepasst werden. Eine Mengensteuerung über die DOD-Druckköpfe ist nur in Grenzen erzielbar.

[0071] Die Tropfengröße ist bei diesen Systemen nämlich relativ fest durch die Gestaltung Design des Druckers bestimmt. Typischerweise kann man den Tropfendurchmesser des Härters im Bereich von 10 μm – ca. 200 μm wählen. In unserem Fall weisen die Tropfen ein Volumen von 180 pl auf. Zudem wird die Anzahl der Tropfen durch die gewünschte Auflösung bestimmt. Das heißt, passt man den Härtereintrag durch Veränderung der Tropfenanzahl an, kann die Qualität der hergestellten Bauteile, die maßgeblich durch die Druckauflösung bestimmt wird, leiden. Im schlimmsten Fall müssen die Tropfen so weit voneinander platziert werden, dass die Homogenität des Härtereintrages nicht mehr ausreicht, um den Binder über die gesamte gewünschte Fläche zu härten. Die Festigkeit des Bauteils würde sich dadurch deutlich verringern.

[0072] Die Problematik der Tropfengröße und Tropfenmenge wird durch den Wunsch verstärkt, unterschiedliche Schichtstärken verarbeiten zu können. Das bedeutet auch, dass der Härtereintrag pro Schicht eingestellt werden muss und das am besten unabhängig von der gewählten Auflösung.

[0073] Aus diesem Grund wird dem Härter eine nicht-reaktive Trägerflüssigkeit beigemischt, mit deren Hilfe das gewünschte Mengenverhältnis leichter eingestellt werden kann. Gemäß dem vorliegenden Beispiel ist die nicht-reaktive Trägerflüssigkeit Ethanol.

[0074] Im vorliegenden Beispiel errechnet sich die Menge Trägerflüssigkeit wie folgt:

Das Quarzsandgewicht pro Schicht beträgt 315 g;
Der Massenanteil des Binders im Quarzsand x_b beträgt 1,0 Gew.%;

Der Massenanteil des Härters im Quarzsand x_h beträgt 0,5 Gew.%;

Daraus ergibt sich eine rechnerische Härtermenge in der Schicht von 1,58 g;

Die gewünschte Druckauflösung r_p beträgt 150 dpi,
das Tropfenvolumen $v_{t,d}$ beträgt 180 pl,
die Baufeldfläche A_b beträgt 1,125 m^2 ,
die Dichte des Härters ρ_h beträgt 1,206 kg/l ,
Damit ist der Volumenanteil des Härters an der Gesamtdosismenge 18,5 %.

[0075] Mit Bezug auf die Figur wird beschrieben, wie das Vormischen und das Zuführen des vorge-mischten Materials zum Beschichter gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgen kann.

[0076] Dafür wird eine bestimmte Menge unbehandeltes Partikelmaterial 1 aus einem sogenannten Big-Bag 2 entnommen und über eine Förderstrecke 3, beispielsweise einem Pneumatikförderer, einem Mischer 4 zugeführt. Dieser mischt das Partikelmaterial 1 in der Mischkammer z.B. über ein rotierendes Flügelrad in gegebener Rezeptur mit dem Hartarzbinder und führt die erhaltene Charge einem sogenannten Vorlagebehälter 5 zu. Der Vorlagebehälter 5 ist mit einem Füllstandssensor ausgestattet und löst den Mischvorgang bei Unterfüllung aus. Ist zusätzlich am Vorlagebehälter ein elektromechanischer

Vibrator vorgesehen, so kann eine Brückenbildung im Quarzsand, die ein häufiges Problem darstellt, vermieden oder zumindest deutlich verringert werden.

[0077] Das nun leicht klebrige, wie beschrieben vorgemischte Partikelmaterial wird über einen Schneckenförderer 6 je nach Anforderung des Beschichters 7 zu diesem befördert.

[0078] Dieses beschriebene System zeichnet sich durch eine vollständige Automatisierung aus und kann bei einem entsprechenden Partikelmaterialvorrat unterbrechungslos im Dauerbetrieb betrieben werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Modellen, wobei auf eine Bauplattform ein erstes Material und daran anschließend selektiv ein zweites Material jeweils schichtweise aufgetragen wird und diese beiden Auftragungsschritte wiederholt werden, bis ein gewünschtes Modell erhalten wird, die beiden Materialien bei einem geeigneten Mischungsverhältnis einen Festkörper bilden und das erste Material ein Materialgemisch darstellt, dadurch gekennzeichnet, dass das Materialgemisch "In-Prozeß" und zumindest teilweise vor dem jeweiligen Auftragungsschritt zubereitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Materialgemisch kontinuierlich zubereitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Materialgemisch chargenweise zubereitet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Materialgemisch ein Partikelmaterial und eine erste reaktive Materialkomponente aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material eine zweite reaktive Komponente, insbesondere einen Aktivator aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erneutes Auftragen des ersten und zweiten Materials vor Ablauf einer Verfestigungszeit der beiden Materialien erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Zubereiten des Materialgemisches eine Restporosität bestehen bleibt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zwei-

te Material mittels Tröpfchenerzeugungstechnik aufgetragen wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material mittels Dispenstechnik aufgetragen wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material eine Trägerflüssigkeit aufweist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aushärten eines Verbundes aus den Materialien aufgrund einer chemischen Reaktion erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aushärten des Verbundes aus den Materialien aufgrund eines physikalischen Vorganges erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Partikelmaterial einen Formsand ausgewählt aus der Gruppe der Quarzsande, Zirkonsande, Olivinsande, oder/und Schamottsande aufweist.

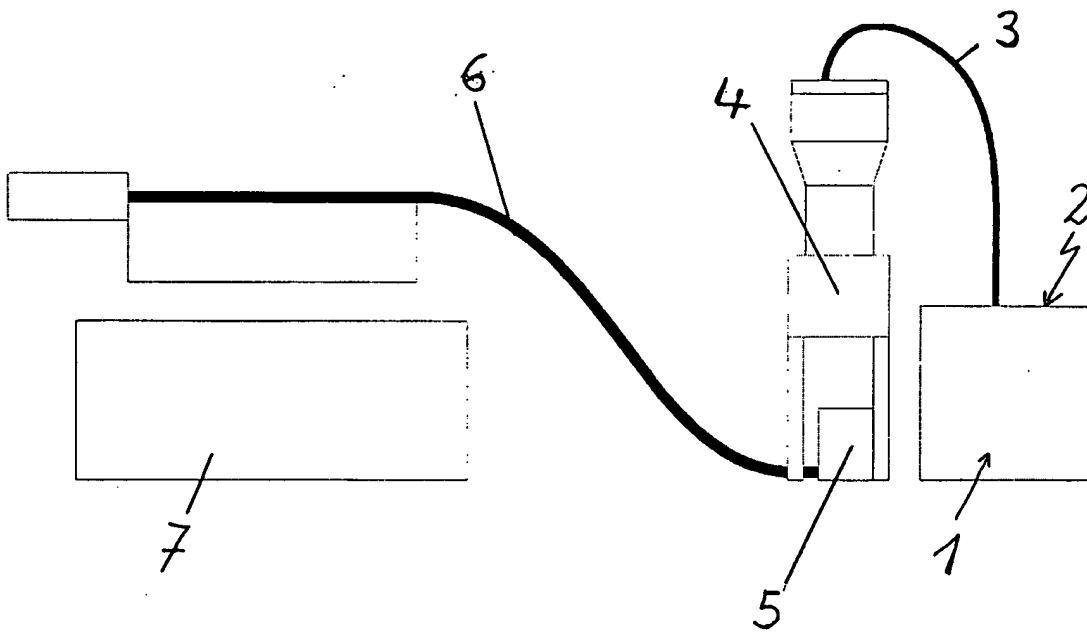
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Partikelmaterial ein Polystyrolpulver oder/und ein Polyamidpulver und/oder ein anderes Polymerpulver aufweist.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste reaktive Material ein Furanharz oder/und ein Polyurethanharz aufweist.

16. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zum Herstellen von Bauteilen als Formen für den Metallguss.

17. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zum Herstellen von Ausschmelzmodellen für den Metallguss.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Figur

BEST AVAILABLE COPY